Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada
Sciences | Science

Régions de Terre-Neuve-et-Labrador, du Québec, du Golfe et des Maritimes

Secrétariat canadien de consultation scientifique
Avis scientifique 2014/050

CONDITIONS OCÉANOGRAPHIQUES DANS LA ZONE ATLANTIQUE EN 2013

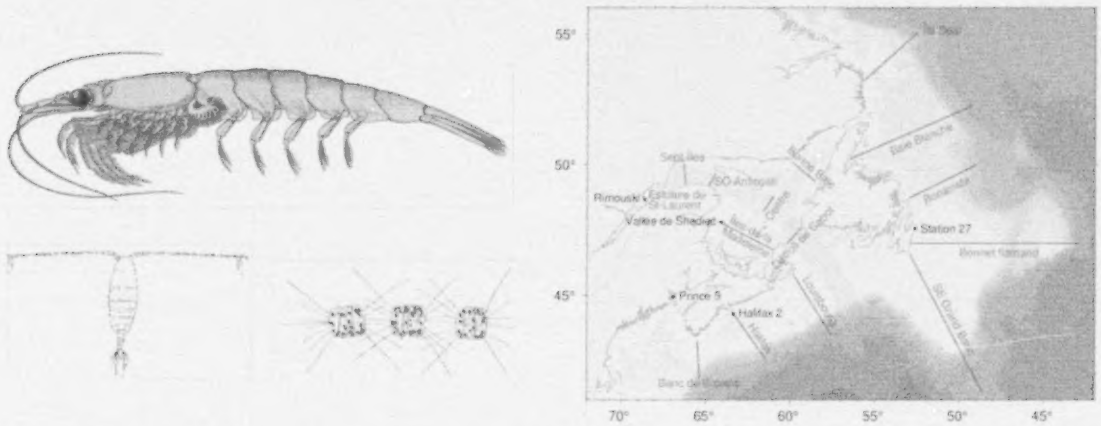

Figure 1. (Gauche) Taxons clés du réseau trophique pélagique : euphausiacés (dans le haut), phytoplancton (dans le coin inférieur droit) et copépodes (dans le coin inférieur gauche). Images : Pêches et Océans Canada; (Droite) Stations d'échantillonnage à haute fréquence et lignes de sections sélectionnées du Programme de monitorage de la zone Atlantique.

Contexte:

Mis en œuvre en 1998, le Programme de monitorage de la zone Atlantique (PMZA) vise à accroître la capacité de Pêches et Océans Canada à comprendre, à décrire et à prévoir l'état de l'écosystème marin, de même qu'à quantifier les changements observés quant aux propriétés physiques, chimiques et biologiques de l'océan.

Une description des profils saisonniers de la répartition du phytoplancton (végétaux microscopiques) et du zooplancton (animaux microscopiques) fournit des renseignements importants sur les organismes qui constituent la base du réseau trophique marin. Or, pour appliquer une approche écosystémique à l'égard de l'évaluation des stocks et de la gestion des ressources marines, il est essentiel de comprendre les cycles de production du plancton et leur variabilité interannuelle.

SOMMAIRE

- Les températures de surface de la mer ont atteint des sommets records en septembre 2013 sur les Grands Bancs et étaient généralement au-dessus de la normale pendant les mois sans glace dans l'ensemble de la zone.
- Le volume de glace a quelque peu augmenté depuis l'hiver précédent dans le golfe du Saint-Laurent tout en demeurant le 6^{ième} volume le plus faible de la série, tandis que le volume de glace sur le plateau continental de Terre-Neuve-et-Labrador a baissé pour atteindre le 4^{ième} niveau le plus faible depuis 1980.

- Dans le golfe du Saint-Laurent, l'indice de température et le volume de la couche intermédiaire froide ainsi que la superficie du fond du sud du golfe recouvert d'eau froide ont tous reculé vers des conditions plus froides que les records de chaleur de 2012, mais représentaient tout de même des conditions chaudes similaires à 2011; le volume de la couche intermédiaire froide sur le Plateau néo-écossais était près de la normale (- 0,4 écart-type) après un record de chaleur en 2012 tandis que la superficie de la couche intermédiaire froide recouvrant les plateaux continentaux de Terre-Neuve-et-Labrador était plus faible qu'en 2012 avec des anomalies de - 0,5 à - 1,4 écart-type. Tandis que les conditions étaient bimodales en 2012, étant près de la normale sur les plateaux continentaux de Terre-Neuve-et-Labrador et à des niveaux records de minceur dans le golfe et sur le Plateau néo-écossais, les conditions en 2013 étaient plus uniformes sur l'ensemble de la zone avec des volumes et des superficies sous la normale (conditions chaudes).
- De façon générale, les températures au fond étaient au-dessus des normales dans l'ensemble de la zone, mais moins élevées que les conditions record de 2012 enregistrées dans le nord du golfe et sur le Plateau néo-écossais. Par contre, un record élevé de température a été enregistré dans les eaux profondes du nord du golfe (>100 m, + 2,0 écarts-types), associé à une anomalie chaude qui avait été observée en 2010 au détroit de Cabot et qui depuis remonte les chenaux profonds vers l'amont.
- Les concentrations de sels nutritifs dans la couche de surface (de 0 à 50 m) et sous la surface (de 50 à 150 m) ont atteint les anomalies négatives plus marquées dans la zone Atlantique en 2010-2011. Une rehausse relativement uniforme observée en 2012 dans la majorité du Plateau néo-écossais et le golfe du Saint-Laurent a continué en 2013. Cependant, les concentrations de sels nutritifs dans les eaux des couches de surface et dans la couche plus profonde du Plateau de Terre-Neuve ainsi que les Grands Bancs étaient sous la normale, avec les concentrations de la couche plus profonde continuant un déclin amorcé en 2009.
- Les concentrations de chlorophylle étaient près de la moyenne à long terme dans presque toute la zone Atlantique en 2013.
- En 2013, la plupart des indices d'abondance du zooplancton démontrent un degré de cohérence à grande échelle spatiale. L'abondance de copépodes au centre du Plateau néo-écossais et dans le sud du golfe du Saint-Laurent était sous la moyenne à la suite d'un déclin par rapport à 2012, alors que l'abondance était au-dessus de la normale à travers la majorité de la région de Terre-Neuve.
- Nous avons remarqué des changements importantsdans la phénologie des espèces de copépodes importantes dans le golfe du Saint-Laurent et sur le Plateau de Terre-Neuve. Dans les deux régions, la période d'occurrence maximale des stades de copépodite (CI-CIII) et âgés (CIV-CV) a lieu plus tôt, un changement qui semble s'être amorcé en 2006.

RENSEIGNEMENTS DE BASE

Mis en œuvre en 1998 (Therriault et al.1998), le PMZA vise à accroître la capacité de Pêches et Océans Canada à comprendre, à décrire et à prévoir l'état de l'écosystème marin, de même qu'à quantifier les changements observés quant aux propriétés physiques, chimiques et biologiques de l'océan. L'un des éléments essentiels du PMZA est l'évaluation annuelle des

propriétés océanographiques physiques ainsi que de la répartition et de la variabilité des concentrations des sels nutritifs, du plancton et du zooplancton.

Une description de la répartition spatio-temporelle des sels nutritifs dissous dans l'eau de mer (nitrates, silicates, phosphates) et de la concentration d'oxygène fournit des renseignements importants sur les mouvements des masses d'eau ainsi que sur la période et l'ampleur des cycles de production biologique, et sur les lieux où ils se manifestent. Une description de la répartition du phytoplancton et du zooplancton apporte quant à elle des renseignements importants sur les organismes qui forment la base du réseau trophique marin. Il est essentiel de comprendre les cycles de production du plancton pour appliquer une approche écosystémique à l'égard de l'évaluation des stocks et de la gestion des pêches.

L'information sur l'état de l'écosystème marin fournie par le PMZA est dérivée de données recueillies à partir d'un réseau de points d'échantillonnage (stations d'échantillonnage à haute fréquence, transects traversant le plateau continental, stations faites lors de relevés écosystémiques) dans chaque région (Québec, Maritimes, Golfe, Terre-Neuve-et-Labrador), qui sont échantillonnés à une fréquence allant d'à toutes les semaines jusqu'à une fois l'an (Figure 1). Les paramètres échantillonnés visent à fournir des renseignements de base sur la variabilité naturelle des propriétés physiques, chimiques et biologiques du Plateau continental de l'Atlantique Nord-Ouest. Les relevés au chalut (écosystémiques) et l'échantillonnage sur des transects du plateau continental donnent des renseignements géographiques régionaux détaillés, dont la portée saisonnière est toutefois limitée. Des stations fixes placées dans des points stratégiques servent à compléter l'échantillonnage à grande échelle, en donnant des renseignements plus détaillés sur les changements temporels (saisonniers) observés quant aux propriétés de l'écosystème pélagique.

ÉVALUATION

Environnement physique

Voici un résumé des conditions océanographiques physiques observées au cours de l'année 2013 en ce qui concerne les eaux océaniques de l'est du Canada (figure 2), telles que détaillées dans trois rapports rédigés dans le cadre du PMZA (p. ex. Colbourne et al. 2014; Galbraith et al. 2014; Hebert et al. 2014). Après les records de température de l'air enregistrés en 2012, les moyennes annuelles de température ont diminué tout en demeurant au-dessus des normales. Les anomalies de température étaient les plus élevées durant l'hiver sur le Plateau du Labrador et dans le golfe du Saint-Laurent, avec des températures en mars les plus élevées depuis 1935 at Cartwright, depuis 1958 à Natashquan, depuis 1962 à Chevery, depuis 1965 (record de série) à Baie Comeau, et depuis 1999 à Plum Point, Daniel's Harbour, Stephenville et Port aux Basques. Les températures de surface de la mer pendant les mois sans glace étaient au-dessus des normales sur toutes sauf trois régions de la zone (figures 3 à 6). Bien que les moyennes saisonnières d'anomalies n'étaient pas aussi élevées que les records établis en 2012 dans plusieurs régions, les températures de l'eau de septembre ont atteint des niveaux records (depuis 1985) dans les régions 3NOP et 4V, avec des anomalies de + 1,6 écart-type dans 4V à + 3,1 écarts-types dans 3N. L'année s'est terminée avec des températures de l'air plus froides. Elles étaient près de la normale en décembre à l'île de Sable, mais les plus froides depuis 1972 au-dessus du golfe Saint-Laurent (anomalie moyenne de – 5,1 °C ou – 2,3 écarts-types), depuis 1991 à Cartwright (anomalie de – 5,4 °C, - 1,7 écart-type), et depuis 1989 à Saint-Jean T.N. (anomalie de – 3,0 °C, - 1,7 écart-type après l'application d'une correction pour les jours sans données).

Plusieurs variables environnementales (oscillation nord-atlantique, RivSum II: le débit d'eau douce dans l'estuaire) et océanographiques sont présentées sous forme de séries chronologiques (de 1980 à 2013) dans un tableau synoptique (figure 5). Dans la mesure du possible, les variables sont présentées en tant que différences (anomalies) relatives par rapport aux moyennes de la période de 1981 à 2010. De plus, comme les séries ont des unités différentes (°C, m^3, m^2, etc.), chaque série chronologique d'anomalies a été normalisée en divisant les valeurs annuelles par l'écart-type calculé en fonction des données de la période de 1981 à 2010, afin de permettre une comparaison directe des différentes séries.

Le débit d'eau douce dans le golfe du Saint-Laurent, particulièrement dans l'estuaire du Saint-Laurent, a une forte incidence sur les phénomènes de circulation, de salinité et de stratification (et donc sur les températures dans les couches supérieures) dans le golfe et, en raison du courant de la Nouvelle-Écosse, sur le Plateau néo-écossais. À titre d'exemple, la salinité moyenne entre 0 et 20 m de profondeur sur le Plateau madelinien (non illustré) pour la période de faible débit de 1999 à 2007 est supérieure d'environ 0,5 unité de salinité par rapport à la moyenne des années de fort débit des décennies 1970, 1980 et 1990. Cela représente un apport supplémentaire d'environ 17 km^3 d'eau douce dans les premiers 20 m du Plateau madelinien. Le débit du fleuve Saint-Laurent est en baisse depuis le début des années 1970, mais il semble de nouveau en hausse depuis 2001. Le débit moyen était près de la normale en 2013 (+ 0,1 écart-type), mais la crue printanière était au-dessus de la normale (pas montrée).

L'oscillation nord-atlantique est un indice du forçage atmosphérique hivernal dominant sur l'océan Atlantique Nord. Elle influe sur les vents, la température de l'air, les précipitations et les caractéristiques hydrographiques de la côte est canadienne, soit directement ou par advection. Un indice positif est habituellement associé à de forts vents du nord-ouest, de l'air froid, des eaux de surface froides et de grands couverts de glace sur la mer du Labrador, avec un effet contraire lors d'indice négatif. La tendance des courants océaniques du nord vers le sud étend l'influence de l'oscillation nord-atlantique à l'intérieur du golfe du Saint-Laurent et sur le Plateau néo-écossais. En 2013, l'indice d'oscillation nord-atlantique était près de la normale, mais négatif, suite à la 4^{ième} plus grande valeur positive en 2012 et le record négatif de la série en 2010.

Au cours de la dernière décennie, les volumes de glace sur le Plateau continental de Terre-Neuve-et-Labrador ainsi que dans le golfe du Saint-Laurent et le Plateau néo-écossais ont généralement été plus faibles que la normale et ont atteint un bas niveau record dans le golfe du Saint-Laurent en 2010 et sur le Plateau de Terre-Neuve-et-Labrador en 2011. En 2013, le volume de la glace de mer a augmenté légèrement en comparaison avec 2012 dans le golfe du Saint-Laurent tout en demeurant faible (le sixième volume moyen le plus faible depuis 1969 pour la période de décembre à février, et aussi le sixième plus faible volume maximal saisonnier), mais il a quelque peu diminué sur la plate-forme continentale de Terre-Neuve-et-Labrador pour atteindre le cinquième volume le plus faible de la série (depuis 1967). Presque aucune glace n'a été exportée du golfe Saint-Laurent vers le Plateau néo-écossais pour le quatrième hiver consécutif.

De nombreux indices, provenant de sections océanographiques ou de relevés écosystémiques, sont utilisés pour caractériser la variabilité des volumes et des surfaces d'eau froide, ainsi que les températures au fond dans la région concernée par le PMZA. Depuis une trentaine d'années, les corrélations les plus fortes entre les indices d'eau froide sont obtenues pour le sud du Plateau du Labrador, le nord-est du Plateau de Terre-Neuve et le nord des Grands Bancs, suivies par celles observées entre le golfe du Saint-Laurent et le Plateau néo-écossais.

Dans le golfe du Saint-Laurent, l'indice de température et le volume de la couche intermédiaire froide ainsi que la superficie du fond du sud du golfe recouvert d'eau froide ont tous reculé vers des conditions plus froides que les records de chaleur de 2012 (depuis 1980), mais représentaient tout de même des conditions chaudes similaires à en 2011. Le volume de la couche intermédiaire froide sur le Plateau néo-écossais (T < 4 °C) était près de la normale

(- 0,4 écart-type) après un record de chaleur en 2012 tandis que la superficie de la couche intermédiaire froide sur les plateaux continentaux de Terre-Neuve-et-Labrador était plus faible qu'en 2012 avec des anomalies de - 0,5 à - 1,4 écart-type. Tandis que les conditions étaient près de la normale sur les plateaux continentaux de Terre-Neuve-et-Labrador et à des niveaux records de minceur dans le golfe et sur le Plateau néo-écossais, les conditions en 2013 étaient plus uniformes sur l'ensemble de la zone avec des volumes et des superficies de la couche intermédiaire froide généralement sous la normale(conditions chaudes).

De façon générale, les températures au fond étaient au-dessus des normales dans l'ensemble de la zone, mais moins élevées que les conditions records de 2012 enregistrées dans le nord du golfe (passant de + 3,0 écarts-types à + 1,0 écart-type) et sur le Plateau néo-écossais (passant de + 2,4 écarts-types à + 0,8 écart-type dans 4W et de + 3,0 écarts-types à + 1,5 écart-type dans 4X). Par contre, un record élevé de température a été enregistré dans les eaux profondes du nord du golfe (>100 m, + 2,0 écarts-types), associé à une anomalie chaude qui avait été observée en 2010 au détroit de Cabot et qui depuis remonte les chenaux profonds vers l'amont.

La figure 6 montre les séries temporelles de trois indices composites construites par la somme d'anomalies normalisées représentant différentes profondeurs des eaux de la zone (figure 5), où chacune des anomalies est empilée l'une sur l'autre. La figure décrit les températures des eaux de surface et de fond, ainsi que des eaux intermédiaires froides et des glaces lesquelles sont toutes formées en hiver. Ces composites reflètent l'état climatique du système où des valeurs positives représentent des conditions chaudes et inversement des valeurs négatives représentent des conditions froides (moins de glace et d'eaux intermédiaires froides sont traduites par des anomalies positives). La figure montre aussi le degré de cohérence entre les diverses variables et entre les diverses régions au travers de la zone. Les conditions en 2013 étaient au-dessus de la normale pour chacun des trois composites, toutes les régions ayant des anomalies positives sauf pour quelques anomalies négatives de la température de surface. Par contre, les anomalies étaient plus faibles qu'en 2012.

En 2013, les moyennes de température annuelles aux stations d'échantillonnage à haute fréquence du PMZA étaient au-dessus de la normale (de + 1,0 à + 1,1 écart-type) à la Station 27 (Plateau de Terre-Neuve), Prince 5 (baie de Fundy) et vallée de Shediac (Plateau madelinien) et près de la normale à Halifax 2, et ce après les records de 33 ans établis en 2012 de + 3,7 écarts-types à Halifax 2 et de + 3,5 écarts-types à Prince 5 (figure 7). Les anomalies annuelles de salinité de la couche de 0 à 50 m n'étaient pas uniformes dans l'ensemble de la région. En effet, la salinité était au-dessus de la normale à Prince 5 (+ 0,9 écart-type), sous la normale à vallée de Shediac (- 1,3 écart-type) et Station Rimouski (- 0,6 écart-type), et normale aux autres stations. L'indice annuel de stratification (de 0 à 50 m) n'était pas lui non plus uniforme au travers de la région, mais était soit normal ou au-dessus de la normale à toutes les stations. Depuis 1950, on observe une hausse de la stratification moyenne sur le Plateau néo-écossais, entraînant une modification de la différence de densité dans la couche de 0 à 50 m de 0,37 kg m^3 au cours des 50 dernières années principalement causée par une réduction de la densité de surface. La stratification sur le Plateau néo-écossais a légèrement augmenté en 2013 par rapport à 2012, devenant ainsi le troisième niveau de stratification le plus élevé de la série chronologique.

Au total, 39 des indices présentés dans les figures 5 et 7 indiquent les conditions océaniques reliées à la température dans la zone du PMZA (température de la surface de la mer; glace; surfaces, volumes et température minimale de la couche intermédiaire froide en été; température au fond; moyenne de température de 0 à 100 m). Parmi ces 39, 7 se trouvaient à des valeurs normales et 30 à des valeurs au-dessus de la normale, indiquant une continuité des conditions océaniques chaudes en 2013.

Environnement biogéochimique

Le phytoplancton est constitué de plantes microscopiques qui forment la base du réseau trophique aquatique, à l'instar des végétaux sur la terre. Il existe des différences de taille considérables selon les espèces. Les espèces les plus imposantes font partie du groupe des diatomées, alors que les plus petites incluent les flagellés. Le phytoplancton utilise la lumière pour fabriquer la matière organique à partir de dioxyde de carbone et des sels nutritifs dissous dans l'eau marine. Le taux de croissance de la nouvelle matière organique ainsi produite dépend en partie de la température et de l'abondance de lumière et de sels nutritifs. Dans les eaux du Plateau continental, le nitrate est normalement l'élément qui limite la croissance du phytoplancton dans les circonstances où la lumière est abondante. Le nitrate contenu dans les eaux de surface provient d'un mélange avec les eaux profondes durant l'hiver, et est utilisé presque complètement au cours de la floraison printanière. Le phytoplancton constitue la source alimentaire principale de la partie animale du plancton, le zooplancton. Dans la plupart des eaux marines, les cellules de phytoplancton connaissent une explosion en abondance au printemps et à l'été, que l'on appelle une prolifération. Les organismes zooplanctoniques qui dominent les océans sont les copépodes. Ils constituent le lien essentiel entre le phytoplancton et les organismes de plus grande taille tels que les poissons. Les larves de copépodes (nauplii) sont la principale proie des jeunes poissons, alors que les stades de copépodes plus âgés (copépodites) composent le menu des plus gros poissons, principalement les spécimens juvéniles et adultes d'espèces pélagiques, comme le capelan et le hareng.

Plusieurs indices environnementaux représentants les teneurs de nitrates, densités actuelles de phytoplancton et de zooplancton du Plateau de Terre-Neuve et Grands Bancs (Pepin et al. 2013), golfe du Saint-Laurent, et Plateau néo-écossais (Johnson et al. 2013) sont présentés sous forme de séries chronologiques (1999 à 2013) dans un tableau synoptique dans les figures 8 à 10. À l'instar de la description de l'environnement physique, les variables sont présentées en tant que différences relatives (anomalies) par rapport aux moyennes de la période 1999-2010. De plus, comme les séries ont des unités différentes, chaque série chronologique d'anomalies a été normalisée en divisant les valeurs annuelles par l'écart-type calculé en fonction des données de la période de 1999 à 2010, afin de permettre une comparaison directe des différentes séries.

Contrairement aux données océanographiques physiques du PMZA, l'information des séries chronologiques de variables biogéochimiques du programme représente une période d'une durée relativement courte qui tend à démontrer beaucoup plus de variabilité d'une année à l'autre par rapport aux patrons à long terme qui sont observés pour l'environnement physique. Le changement moyen maximal absolu observé d'une année à l'autre dans l'ensemble des sections et des sites d'échantillonnage à haute fréquence est d'environ 2 écarts-types, avec un accroissement léger de son ampleur d'année en année au fur et à mesure que l'on passe des sels nutritifs au phytoplancton, puis au zooplancton. On observe une tendance concordante dans la variation des variables biogéochimiques au sein des régions, ainsi que des signes d'anomalies qui tendent à persister pendant plusieurs années, bien que dans certains cas, une

variabilité considérable soit aussi présente dans les différents emplacements d'une même région.

Pour une grande partie de la zone Atlantique, les anomalies négatives les plus marquées des inventaires des sels nutritifs dans la couche de surface (de 0 à 50 m) et sous la surface (de 50 à 150 m) ont eu lieu en 2010-2011 (figure 8). L'augmentation relativement uniforme observée sur la majorité du Plateau néo-écossais ainsi que dans le golfe du Saint-Laurent en 2012 s'est maintenue en 2013, alors que les inventaires de surface restaient semblables dans presque toutes ces régions et ont augmenté dans la portion Est du Plateau néo-écossais. Cependant, les teneurs sous la surface retournaient à des valeurs près ou juste au-dessus de la moyenne (figure 8). La taille des anomalies variait considérablement entre les régions avoisinantes. En contraste, les inventaires de sels nutritifs dans les eaux des couches de surface et sous la surface du Plateau de Terre-Neuve ainsi que les Grands Bancs étaient sous la normale, avec les concentrations de la couche sous la surface continuant un déclin amorcé en 2009.

Les concentrations en chlorophylle *a* (de 0 à 100 m; figure 9), indicateurs de la biomasse phytoplanctonique, démontrent un fort degré de variabilité d'une année à l'autre, dans lequel des valeurs exceptionnelles au-dessus et sous la moyenne à long terme étaient souvent restreintes à une petite partie d'une région. On a observé une cohérence limitée de la variabilité de la chlorophylle dans la totalité de la zone Atlantique, jusqu'à tout récemment. En effet, les concentrations de chlorophylle étaient près de la moyenne à long terme dans la plus grande partie de la zone Atlantique en 2013, à environ ± 0,5 écart-type de la moyenne 1999-2010, même si l'abondance globale était nettement sous la normale pour l'ensemble du Plateau terre-neuvien depuis 2011. Étant donné que le phytoplancton dépend de la disponibilité des sels nutritifs, il est tentant de vouloir lier les tendances de variation à ces deux variables, mais le résultat d'une telle comparaison dans la totalité de la zone Atlantique indique qu'il n'y a pas de lien significatif entre les concentrations en nitrates et de phytoplanctons sur l'échelle annuelle, que l'on tienne compte ou non des sources de sels nutritifs se trouvant dans la couche de surface ou sous la surface. Cela ne veut pas dire que les variations observées à l'échelle locale dans le cycle de production saisonnier ne sont pas liées à la disponibilité des sels nutritifs, mais plutôt que de nombreux facteurs sont susceptibles d'avoir une incidence sur la dynamique sels nutritifs-phytoplancton, et que l'équilibre de ces facteurs est susceptible de varier lorsqu'il est observé à une échelle spatiale très vaste (du golfe du Maine au sud du Labrador), qui comprend des environnements estuariens et océaniques.

Les indices d'abondance du zooplancton avaient tendance à démontrer une cohérence temporelle plus élevée au sein des régions par rapport à l'abondance de la chlorophylle. Les populations de mésozooplancton prélevé dans le cadre du PMZA (d'une taille variant de 0,2 à 20 mm) d'une même région présentaient un degré potentiellement élevé de connexion aux zones adjacentes, car ces organismes sont fortement influencés par les effets des courants océaniques.

En 2013, la plupart des indices d'abondance du zooplancton démontrent un degré de cohérence à grande échelle spatiale (figure 10). La même année, l'abondance de copépodes au centre du Plateau néo-écossais (section d'Halifax et site fixe) et dans le sud du golfe du Saint-Laurent était sous la moyenne à la suite d'un déclin par rapport à 2012. En ce qui concerne le *Pseudocalanus* spp., une proie importante pour de nombreuses espèces de poissons juvéniles, son abondance avait augmenté dans presque toute la zone Atlantique en 2013, ce qui représente un changement comparativement à l'année précédente (et légèrement plus élevé que durant la période de 2009 à 2011). Des valeurs record ont été rencontrées sur le Plateau de Terre-Neuve, les Grands Bancs, la région au large de Halifax et la baie de Fundy. L'abondance du *Calanus finmarchicus*, une espèce clé dans la plupart des écosystèmes de

l'Atlantique Nord, a atteint les plus bas niveaux dans certaines parties du golfe du Saint-Laurent et sur la partie nord-est du Plateau néo-écossais depuis 2009, alors que les niveaux d'abondance sont légèrement au-dessus de la normale dans la plupart des secteurs du Plateau terre-neuvien depuis la même année.

Nous avons remarqué des changements importants dans la phénologie, la succession saisonnière des différents stades de développement, des espèces clés dans le golfe du Saint-Laurent (*Calanus finmarchicus*, *Calanus hyperboreus*) et du Plateau terre-neuvien (*Calanus finmarchicus*, *Pseudocalanus* spp.). Dans les deux régions, la période d'occurrence maximale des jeunes stades de copépodite (CI-CIII) a lieu plus tôt au cours de l'été, un changement qui apparait s'être amorcé en 2006. Ce patron est aussi apparent dans les stades de développement plus âgés (CIV-CV). Dans le golfe du Saint-Laurent, il est plus commun d'observer une seconde génération de *Calanus finmarchicus* CI–IV en fin d'été ou en automne. Sur le Plateau terre-neuvien nous avons observé une plus grande occurrence d'adulte de *Calanus finmarchicus* et *Pseudocalanus* spp. en automne. Les modifications à la phénologie pourraient être causées par les effets directs des changements dans l'environnement physique (dynamique des glaces, température de surface) ou biologique (changements dans la dynamique de la succession saisonnière du phytoplancton).

Le zooplancton autre que copépodes est principalement constitué de stades larvaires d'invertébrés benthiques, mais aussi de bon nombre de carnivores qui se nourrissent d'autres types de zooplancton. En 2013, ce groupe était très abondant sur le Plateau de Terre-Neuve, les Grands Bancs, dans l'ouest du golfe du Saint-Laurent et de l'Estuaire ainsi de sur les petits fonds des Îles-de-la-Madeleine. En 2011, ce groupe d'organismes était particulièrement abondant dans l'ensemble du golfe du Saint-Laurent, alors que les niveaux d'abondance supérieurs à la moyenne dans les Grands Bancs sont maintenus depuis 2010.

Les tendances liées à la variation de l'abondance des copépodes et du zooplancton autre que copépode démontrent une association statistiquement importante qui représente environ 18 % de la variation. Jusqu'en 2011, les tendances relatives à la variation de ces deux groupes ont suivi une progression régionale des anomalies qui proviennent des secteurs les plus au nord de la zone Atlantique, de la section de l'île Seal au Labrador (voir l'anomalie négative dans le coin supérieur droit de la figure 10) en passant par Terre-Neuve et jusqu'aux tronçons supérieurs du golfe du Saint-Laurent, après quoi les anomalies semblent avoir progressé au sud du golfe et vers le Plateau néo-écossais (figure 11). Bien que la tendance générale varie considérablement, les anomalies normales ou positives ont persisté dans la plupart des secteurs de Terre-Neuve et du golfe du Saint-Laurent après qu'on y ait enregistré des niveaux d'abondance faibles de 1999 à 2001 et de 1999 à 2004 respectivement. Les conditions sur le Plateau néo-écossais diffèrent de celles liées au Plateau de Terre-Neuve. En effet, de 1999 à 2001, le Plateau néo-écossais a enregistré des niveaux d'abondance élevés de zooplanctons qui depuis se situent en dessous de la moyenne. Toutefois, on a observé une variabilité considérable de l'abondance du zooplancton dans les différents secteurs du golfe du Saint-Laurent en 2012 et 2013.

Sources d'incertitude

Dans l'Atlantique nord-ouest, les patrons spatiaux et saisonniers des variables océanographiques physiques, chimiques et biologiques surveillées dans le cadre du PMZA sont demeurés relativement constants depuis le lancement du programme. Bien qu'il y ait des variations saisonnières relatives à la répartition des masses d'eau, des plantes et des animaux, ces variations affichent des patrons généralement prévisibles. Toutefois, il existe une incertitude considérable à l'égard des estimations de l'abondance générale du phytoplancton et du

zooplancton. Cette incertitude est causée en partie par le cycle de vie des animaux, leur répartition éparse dans un espace donné et la portée limitée du programme de surveillance au sein de la région concernée.

Les variables océanographiques physiques (température, salinité) et chimiques (sels nutritifs, oxygène dissous) sont échantillonnées de façon adéquate puisqu'elles présentent des propriétés plutôt conservatrices qui sont peu susceptibles de montrer des changements précipités sur le plan spatial ou temporel. De plus, la mesure de ces variables est effectuée selon un bon degré de précision. La seule exception s'applique aux eaux superficielles, où les changements rapides survenant dans l'abondance du phytoplancton peuvent causer rapidement l'appauvrissement des sels nutritifs, surtout lors de la prolifération printanière.

La plus grande source d'incertitude découle de nos estimations relatives à l'abondance du phytoplancton en raison des difficultés liées à la description des variations de la date, de l'ampleur et de la durée de la prolifération printanière du phytoplancton d'une année à l'autre. Selon des échelles temporelles s'étendant de quelques jours à plusieurs semaines, l'abondance du phytoplancton peut changer rapidement. Puisque notre échantillonnage est limité dans son intervalle, est parfois interrompu en raison des intempéries atmosphériques, ou limité par la non-disponibilité des navires, ce qui se produit souvent au cours de l'échantillonnage à nos stations fixes en hiver, il est possible que le phytoplancton et d'autres variables importantes ne soient pas échantillonnés de façon adéquate. De plus, les variations relatives à la date de la floraison printanière du phytoplancton dans l'ensemble de la zone en relation avec les dates des relevés océanographiques effectués au printemps peuvent limiter notre capacité à déterminer, d'une année à l'autre, les variations liées à l'abondance maximale du phytoplancton. En revanche, nous sommes davantage en mesure de décrire, d'une année à l'autre, les variations relatives à l'abondance des espèces dominantes de zooplancton puisque leur cycle saisonnier se déroule selon des échelles temporelles s'étendant de quelques semaines à plusieurs mois en raison de la longue durée de génération relative au phytoplancton. Cependant, la répartition spatiale du zooplancton varie davantage. Bien que l'on arrive à évaluer correctement les variations interannuelles de l'abondance des groupes dominants tels les copépodes, on ne peut actuellement estimer avec confiance les variations de l'abondance d'espèces rares, éparses ou éphémères.

Dans plusieurs secteurs, l'occupation des lieux d'échantillonnage (sites fixes) à haute fréquence est particulièrement limitée durant l'hiver et au début du printemps, c'est pourquoi il nous arrive de ne pas être témoins d'événements majeurs au cours du cycle saisonnier (p. ex., le début de la prolifération printanière du phytoplancton). De plus, les réductions dans le calendrier de sortie des navires dans les régions ont également réduit le nombre d'observations complètes à certains sites.

CONCLUSIONS

Bien que les conditions océanographiques se soient réchauffées avant la mise en œuvre du PMZA, les températures de l'eau augmentent davantage depuis quelques années. Dans l'ensemble de la zone, les températures de la surface de la mer ont atteint des valeurs record en été 2012 et sont demeurées au-dessus des normales pendant les mois sans glace en 2013, atteignant même un record en septembre 2013 sur les Grands Bancs. La couverture de glace de mer a été faible pendant quatre hivers consécutifs, et les conditions de la couche intermédiaire froide étaient relativement uniformes au travers de la zone avec des superficies et volumes sous les normales. Les températures au fond étaient au-dessus de la normale dans presque toute la zone, ayant atteint des sommets dans les eaux plus profondes du nord du

golfe provenant d'une anomalie chaude qui est apparue dans le détroit de Cabot en 2010 et qui a depuis remontée les chenaux profonds vers l'amont.

Les tendances de variation des variables biogéochimiques semblent constituées principalement de fluctuations à court terme, car le programme de cueillette de ces éléments a été lancé seulement en 1999. L'état actuel de l'environnement biogéochimique semble démontrer une certaine structuration spatiale. En effet, les concentrations de sels nutritifs sont supérieures à la normale et l'abondance du phytoplancton est près de la normale sur le Plateau néo-écossais, dans le golfe du Saint-Laurent et dans la région au sud des Grands Bancs, alors que les conditions dans la plupart des secteurs du plateau continental de Terre-Neuve-et-Labrador sont sous la moyenne. L'abondance des différents groupes de zooplancton démontre également une solide structure spatiale dans les tendances de variation. Depuis quelques années, on remarque généralement une concentration plus élevée de ces groupes sur le Plateau de Terre-Neuve et une concentration moins élevée sur le Plateau néo-écossais.

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Le présent avis scientifique découle de la réunion du 18 au 20 mars 2014 sur la Seizième réunion annuelle du Programme de Monitorage de la Zone Atlantique (PMZA). Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada.

Colbourne, E., Holden, J., Craig, J., Senciall, D., Bailey, W., Stead, P., and Fitzpatrick, C. 2014. Physical oceanographic conditions on the Newfoundland and Labrador Shelf during 2013. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2014/094. v + 38 p.

Galbraith, P.S., Chassé, J., Gilbert, D., Larouche, P., Brickman, D., Pettigrew, B., Devine, L., Gosselin, A., Pettipas, R.G. and Lafleur, C., 2014. Physical Oceanographic Conditions in the Gulf of St. Lawrence in 2013. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2014/062.

Hebert, D., R. Pettipas, D, Brickman and M. Dever. 2014. Meteorological, Sea Ice and Physical Oceanographic Conditions on the Scotian Shelf and in the Gulf of Maine during 2013. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2014/070.

Johnson, C., Harrison, G., Casault, B., Spry, J., Li, W. and Head, E. 2013. Optical, chemical, and biological oceanographic conditions on the Scotian Shelf and in the eastern Gulf of Maine in 2012. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc., 2013/070, v+42p.

Pepin, P., Maillet, G., Fraser, S., Shears, T. and Redmond, G. 2013. Optical, chemical, and biological oceanographic conditions on the Newfoundland and Labrador Shelf during 2011-12. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/051. v + 38p.

Plourde, S., Starr, M., Devine, L., St-Pierre, J.-F., St-Amand, L., Joly, P., and Galbraith, P.S. 2014. Chemical and biological oceanographic conditions in the Estuary and Gulf of St. Lawrence during 2011 and 2012. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2014/049. v + 46 pp.

Therriault, J.-C., Petrie, B., Pepin, P., Gagnon, J., Gregory, D., Helbig, J., Herman, A., Lefaivre, D., Mitchell, M., Pelchat, B., Runge, J., and Sameoto, D. 1998. Proposal for a northwest Atlantic zonal monitoring program. Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 194: vii + 57 p.

ANNEXE: FIGURES

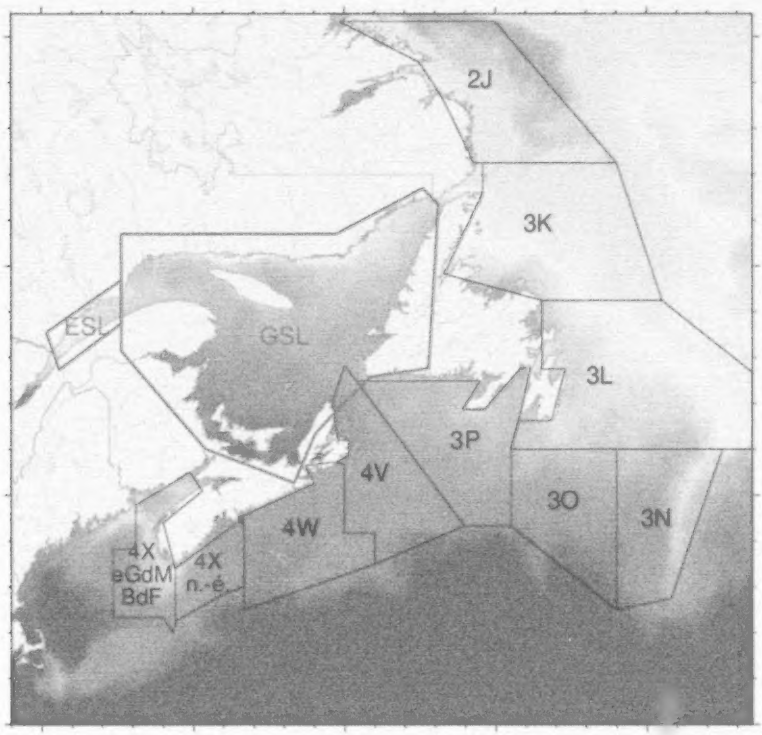

Figure 2. Divisions réduites de l'OPANO mentionnées dans le texte et la région utilisée pour la moyenne de température de surface du Golfe Saint-Laurent (GSL) et l'estuaire du Saint-Laurent (ESL). Ces régions réduites de l'OPANO ont été coupées au talus continental. Le champ de température est celui de juillet 2013; voir figure 3 pour la palette de couleur.

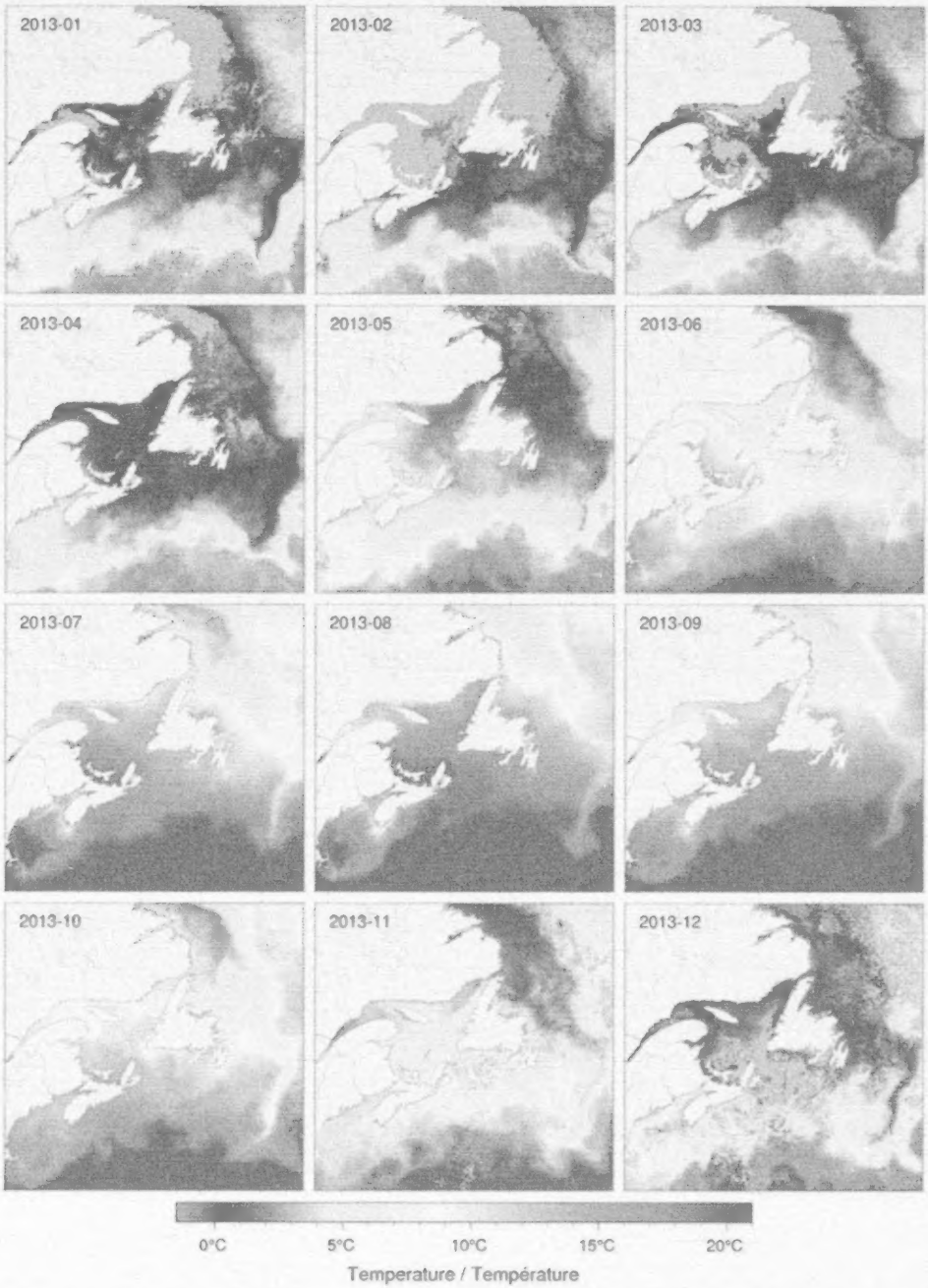

Figure 3. Température de la surface de la mer moyennée par mois de 2013 dans la région du PMZA.

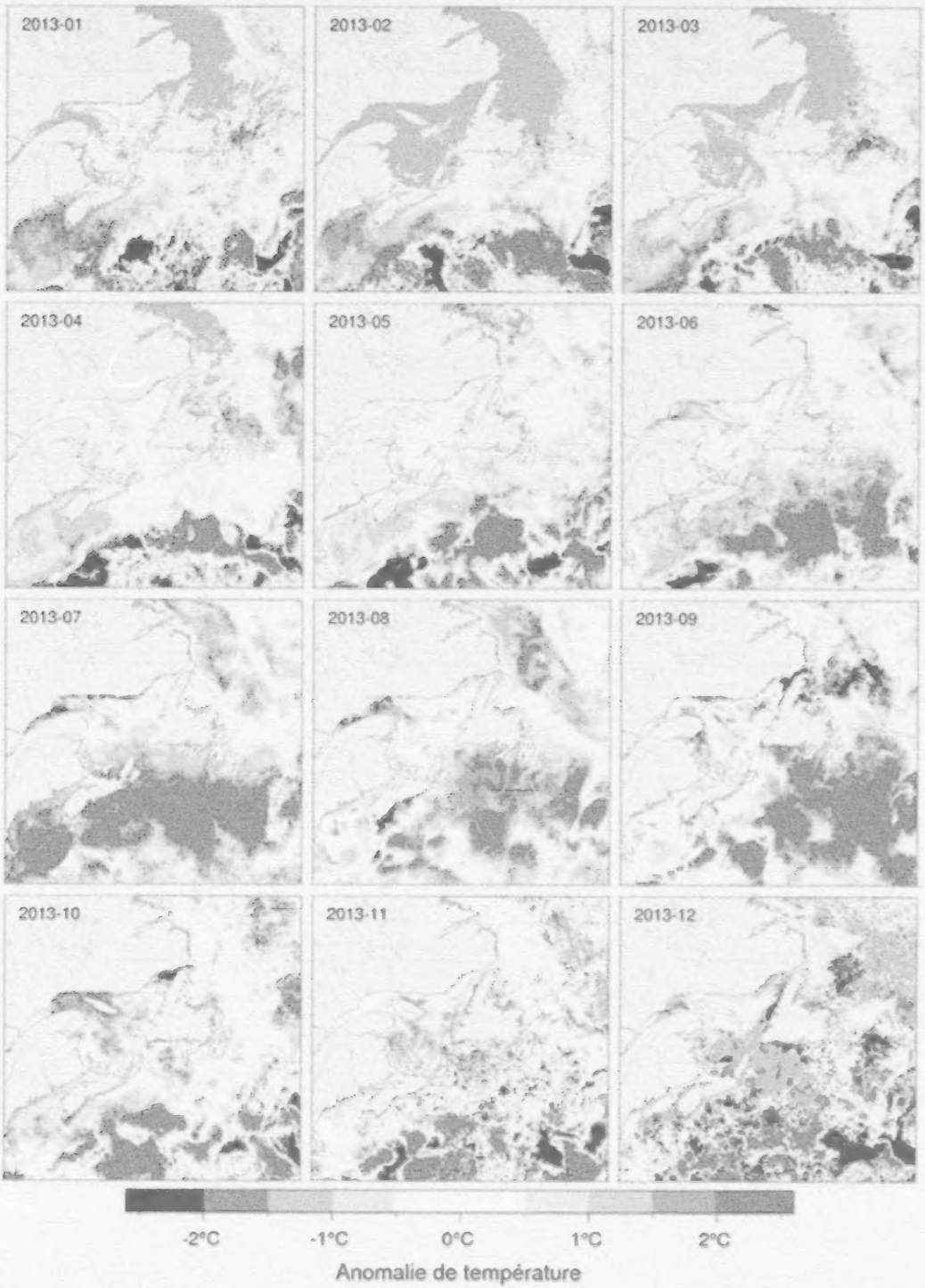

Figure 4. Anomalies de température de la surface de la mer d'avril à décembre 2013 dans la région du PMZA. Les anomalies de température sont basées sur la climatologie de 1985 à 2010 pour les mois de janvier à août, et de 1999-2010 pour les mois de septembre à décembre.

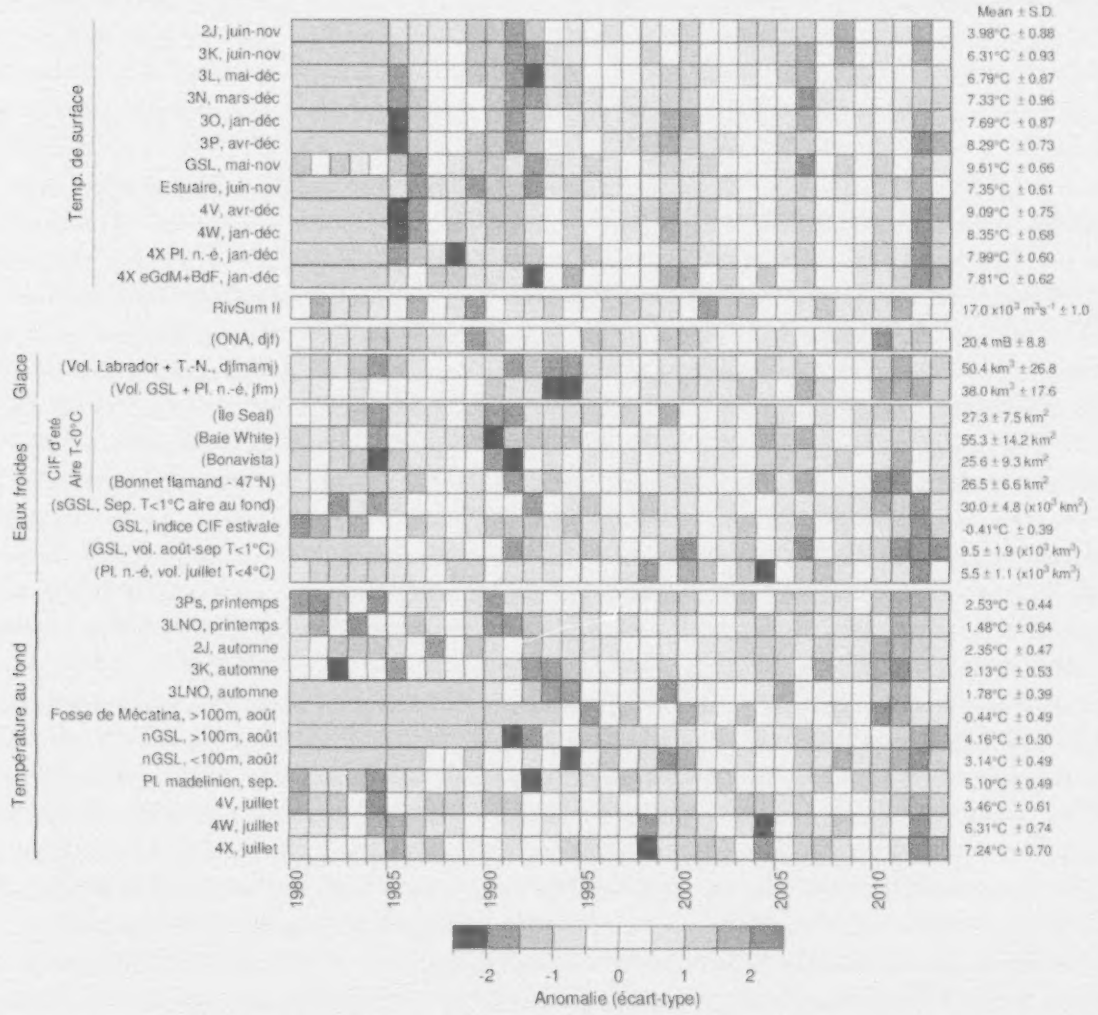

Figure 5. Séries temporelles (de 1980 à 2013) des variables océanographiques. Une cellule grise indique une donnée manquante, une cellule blanche une valeur entre 0,5 écart-type de la moyenne à long terme calculé, lorsque possible, sur les données de 1981 à 2010. Les cellules rouges indiquent des conditions plus élevées que la normale, les cellules bleues plus basses que la normale. Les variables dont les noms apparaissent entre parenthèses ont un code de couleur inversé, où le rouge signifie une valeur basse qui correspond à des conditions chaudes. Les teintes plus fortes correspondent aux plus grandes anomalies. Les moyennes et écarts-types sont présentés à droite de la figure. Les températures de surface pour le golfe Saint-Laurent de 1980 à 1984 sont estimées à partir de la température de l'air. RivSumII est le débit d'eau douce combinée s'écoulant dans l'estuaire du Saint-Laurent. (Oscillation Nord-Atlantique [ONA], golfe du Saint-Laurent [GSL], Plateau néo-écossais [Pl. n.-é.], sud du golfe du Saint-Laurent [sGSL], nord du golfe du Saint-Laurent [nGSL], couche intermédiaire froide [CIF]).

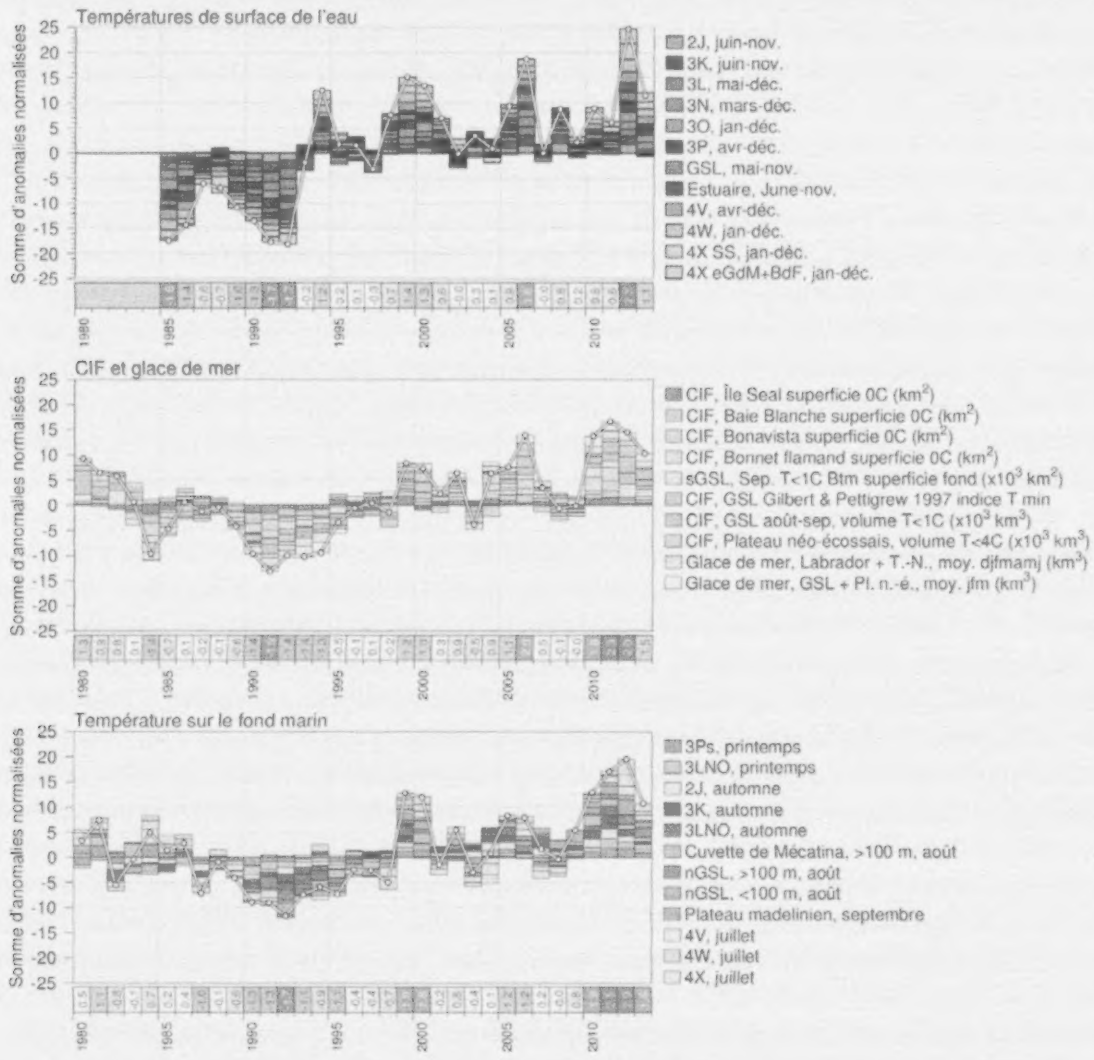

Figure 6. Indices climatiques composites (lignes blanches et symboles blancs) calculés par la somme d'anomalies normalisées provenant de différentes parties de l'environnement (boîtes empilées au-dessus de l'abscisse sont des anomalies positives tandis que celles sous l'abscisse sont négatives). Le panneau du haut somme des anomalies de température de surface de l'eau, celui du milieu somme des anomalies de couches intermédiaires froides et de glace de mer (des anomalies positives représentent ici des conditions chaudes), et le panneau du bas somme des anomalies de température sur le fond.

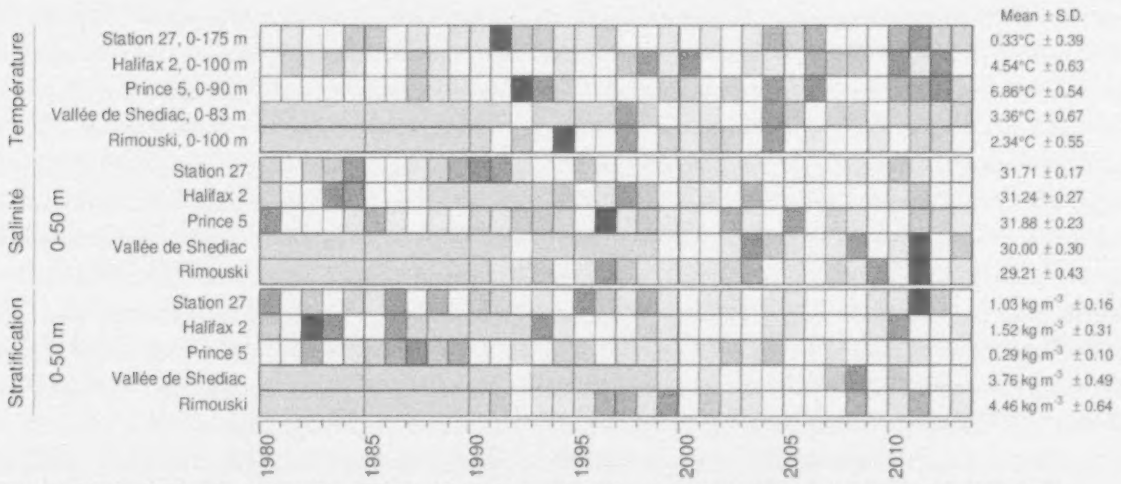

Figure 7. Séries temporelles (de 1980 à 2013) des variables océanographiques aux stations à haute fréquence d'échantillonnage du PMZA. Une cellule grise indique une donnée manquante, une cellule blanche une valeur entre 0,5 écart-type de la moyenne à long terme calculé, lorsque possible, sur les données de 1981 à 2010. Pour la température moyenne sur la profondeur aux stations fixes, les cellules rouges indiquent des conditions plus chaudes que la normale, les cellules bleues plus froides que la normale. Les teintes plus fortes correspondent aux plus grandes anomalies. Pour la salinité et la stratification le rouge correspond aux conditions au-dessus de la normale. Les moyennes et écarts-types sont présentés à droite de la figure.

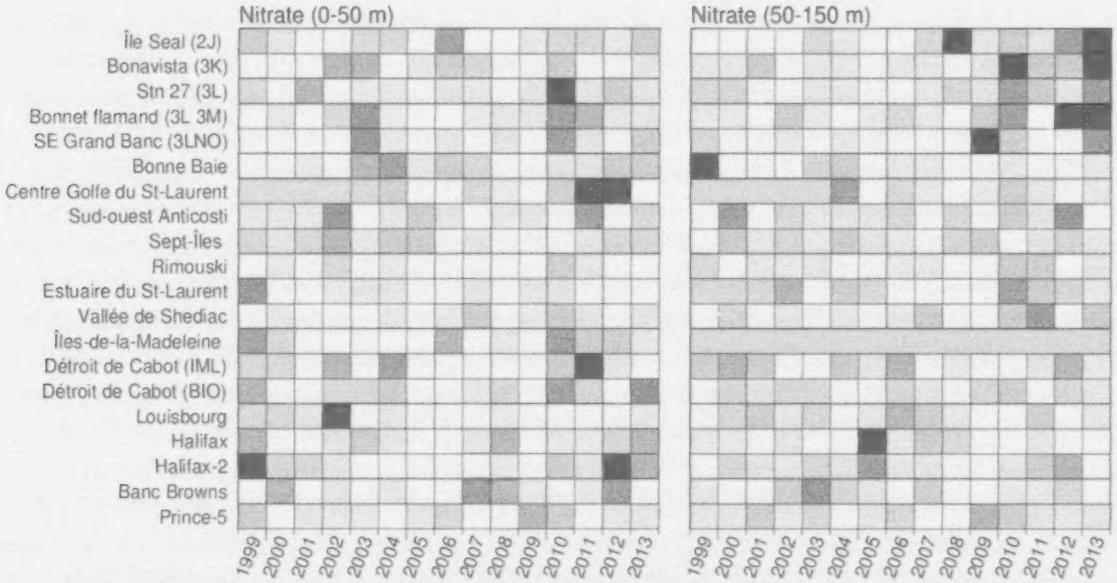

Figure 8. Séries temporelles (de 1999 à 2013) des inventaires de nitrates dans la couche de surface (0-50 m) et profonde (50-150 m aux transects et stations fixes du PMZA). Le détroit de Cabot a été échantillonné par l'Institut Maurice Lamontagne (IML) et par l'Institut Océanographique de Bedford (BIO) durant différentes périodes de l'année et les résultats sont montrés séparément ici. Une cellule grise indique une donnée manquante, une cellule blanche une valeur entre 0,5 écart-type de la moyenne à long terme calculée sur les données de 1999 à 2010. Les cellules rouges indiquent des conditions plus élevées que la normale, les cellules bleues sous la normale. Les teintes plus fortes correspondent à de plus grandes anomalies ; voir la palette a la Fig. 5.

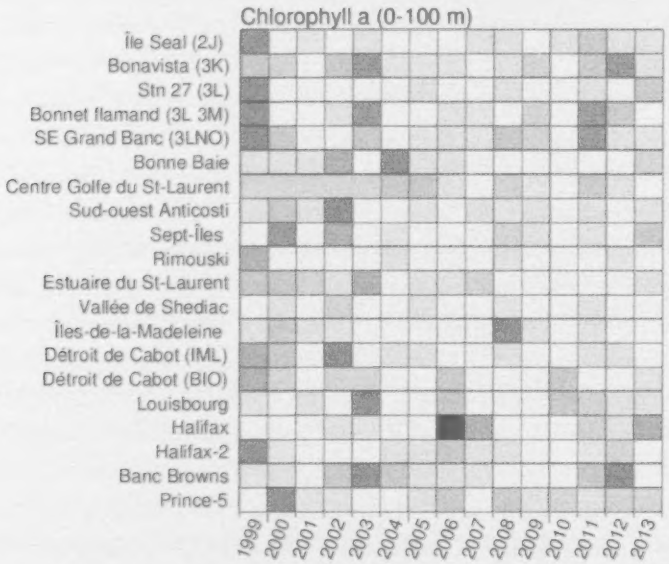

Figure 9. Séries temporelles (de 1999 à 2013) de l'abondance du phytoplancton (0-100 m). Une cellule grise indique une donnée manquante, une cellule blanche une valeur entre 0,5 écart-type de la moyenne à long terme calculée sur les données de 1999 à 2010. Les cellules rouges indiquent des conditions plus élevées que la normale, les cellules bleues sous la normale. Les teintes plus fortes correspondent à de plus grandes anomalies; voir la palette a la Fig. 5.

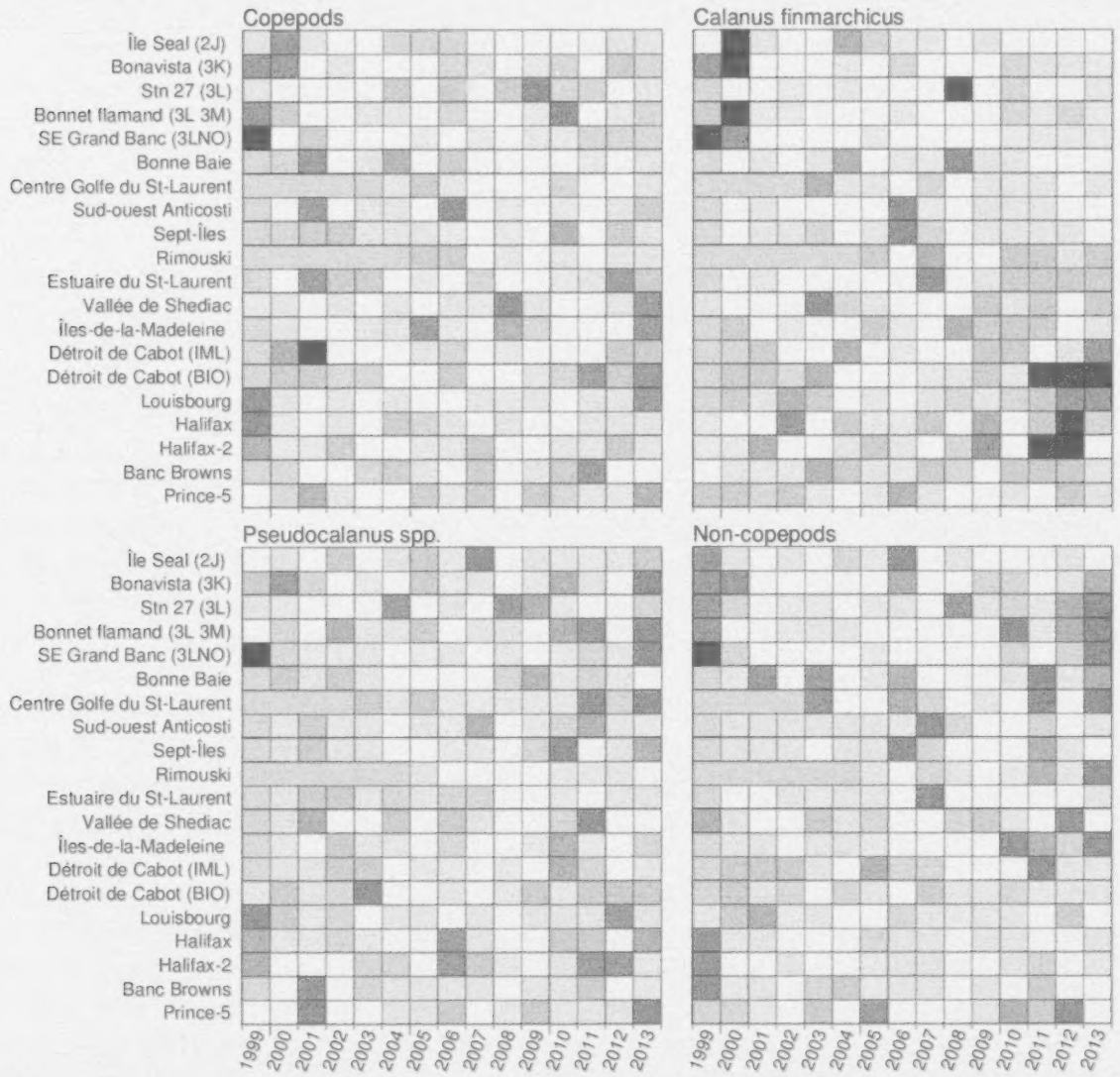

Figure 10. Séries temporelles (de 1999 à 2013) des copépodes, Calanus finmarchicus, Pseudocalanus spp. et des zooplanctons autres que les copépodes. Une cellule grise indique une donnée manquante, une cellule blanche une valeur entre 0,5 écart-type de la moyenne à long terme calculée sur les données de 1999 à 2010. Les cellules rouges indiquent des conditions plus élevées que la normale, les cellules bleues sous la normale. Les teintes plus fortes correspondent à de plus grandes anomalies; voir la palette a la Fig. 5.

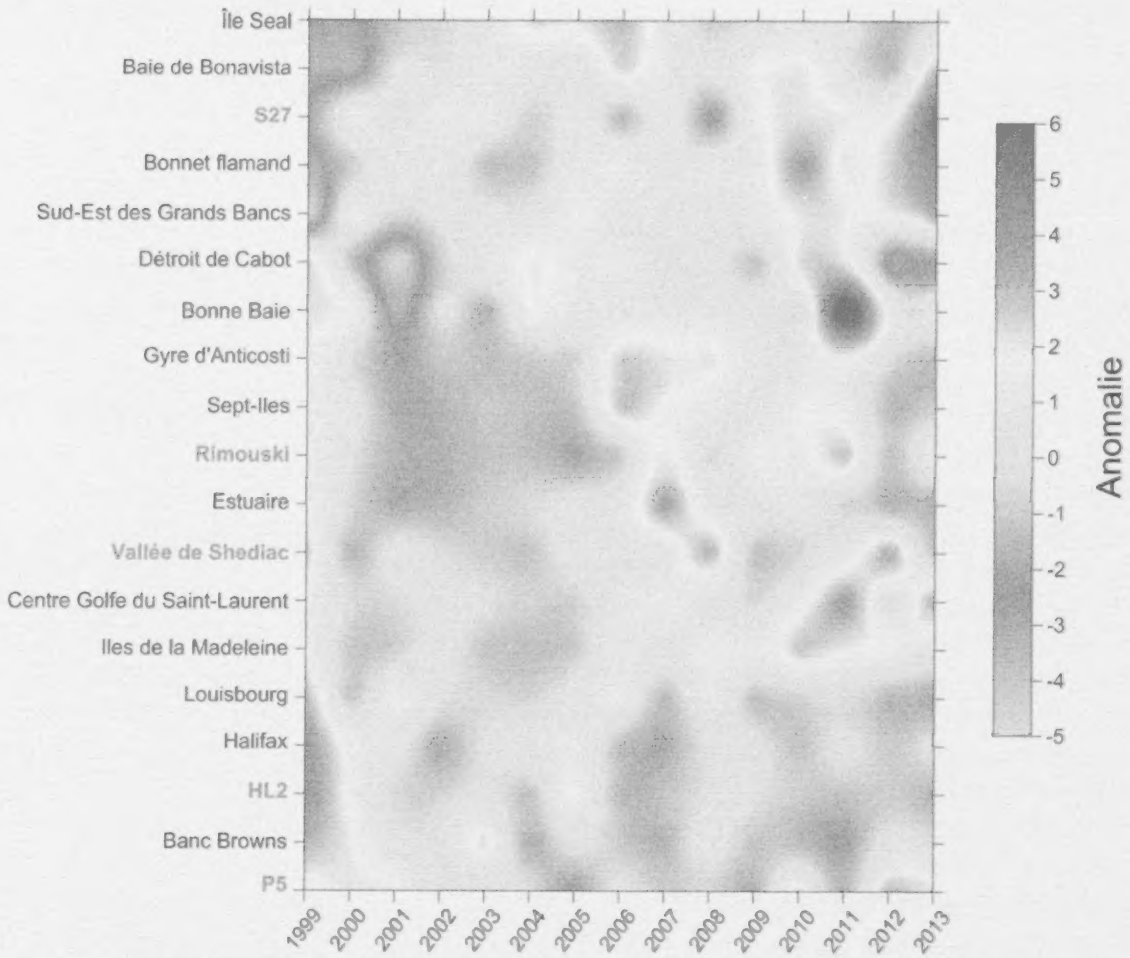

Figure 11. Illustration schématique des anomalies totales d'abondance des copépodes et des non-copépodes sur les sections océanographiques et les stations fixes (indiquées en rouge à gauche) ; le bleu indique des abondances sous la normale (1999-2010) alors que le rouge indique des abondances au-dessus de la normale.

CE RAPPORT EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région de Terre-Neuve-et-Labrador
Pêches et Océans Canada
C. P. 5667
St. John's (Terre-Neuve-et-Labrador) A1C 5X1
Téléphone : 709-772-3332
Courriel : DFONLCentreforScienceAdvice@dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-5117
© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2014

La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2014. Conditions océanographiques dans la zone Atlantique en 2013. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2014/050.

Also available in English :

DFO. 2014. Oceanographic conditions in the Atlantic zone in 2013. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2014/050.